



Eg. 1758 DE

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 37 986 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 44 37 986.2  
㉑ Anmeldetag: 24. 10. 94  
㉒ Offenlegungstag: 25. 4. 96

㉓ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 21 D 31/06**  
B 29 C 51/10  
A 47 L 15/42  
E 04 B 1/24  
F 16 S 3/00  
F 21 V 7/10  
F 01 N 3/26  
F 01 N 1/00  
F 17 C 11/00  
// (B 29 L 31:10,31:30,  
31:34) B 01 J 19/02,  
B 01 D 47/14,53/88,  
A 61 B 17/68,17/58,  
B 41 F 13/08

DE 44 37 986 A 1

㉔ Anmelder:  
Mirtsch, Frank, Dr., 13465 Berlin, DE  
  
㉕ Vertreter:  
KaeWert, K., Rechtsanw., 40593 Düsseldorf

㉖ Erfinder:  
gleich Anmelder

㉗ Verfahren zur Wölbstrukturierung dünner Wände und Folien

㉘ Nach der Erfindung werden gekrümmte Materialbahnen und Folien mittels Stützraster abgestützt und mit einem Über- oder Unterdruck beaufschlagt, so daß in besonders vorteilhafter Weise eine Beulstruktur entsteht.

DE 44 37 986 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wölbstrukturierung dünner Materialbahnen und Folien, bei dem gekrümmte Materialbahnen und Folien beabstandet abgestützt und mit einem Über- oder Unterdruck beaufschlagt werden.

Um Materialien und Gewicht einzusparen, werden in vielen Bereichen der Technik dünnwandige Halbzeuge und Bauteile durch Umformprozesse in eine mehrdimensionale, formstabile Gestalt gebracht. Zu den bekannten Umformverfahren gehören das Tiefziehen, Pressen und Walzen mit Formwerkzeugen, wie z. B. Matrizen und Profilwalzen. Diese Umformverfahren haben den Nachteil, daß erstens die benötigten Formwerkzeuge sehr aufwendig und teuer sind, wenn eine mehrdimensionale Wandstruktur mit einer glatten Oberfläche erzielt werden soll, und zweitens in der Regel große Umformenergien aufgebracht werden müssen, da bei Anwendung dieser Formwerkzeuge große plastische Verformungen der Materialien auftreten.

Um Materialbahnen oder Folien ohne aufwendige Formwerkzeuge mit einer vergleichsweise geringen Umformenergie in eine mehrdimensionale, formstabile Gestalt zu überführen, ist es ferner bekannt, gekrümmte Materialbahnen oder Folien mit einfachen Elementen beabstandet abzustützen und durch Außen- oder Innendruck in eine formstabile, versetzte Beulstruktur zu überführen (DE 43 11 978 C1 und PCT/EP 94/01043). Dieses Beulverfahren ist noch verbesserungsfähig: Erstens bleiben die Plastifizierungsreserven, die in dem beulverformten Material stecken, noch weitgehend ungenutzt, wenn das Ziel darin besteht, eine größtmögliche Formstabilität der Fertigprodukte zu erzielen. Denn wenn man den Verformungsdruck zwecks verbesserter Formsteifigkeit erhöhen würde, könnten die axialen Falten, die sich selbstständig gebildet haben (DE 43 11 978, Fig. 2, Nr. 11), einknicken. Zweitens sind die Falten der Beulstrukturen, die die Formsteifigkeit bewirken, nicht immer gleichmäßig ausgebildet. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Materialbahn oder Folie, die aus der Krümmung heraus beulverformt werden, zu ebenen, beulstrukturierten Blechen überführt werden. Hierbei werden die axialen Falten (DE 43 11 978, Fig. 2, Nr. 11) aus geometrischen Gründen teilweise aufgebogen (geglättet), während die radialen Falten (DE 43 11 978, Fig. 2, Nr. 10) ihre formstabile Gestalt beibehalten. Drittens können an den Stellen, wo die Materialbahn oder die Folie auf den Stützelementen aufliegen, linienförmige oder punktförmige Abdrücke entstehen, die insbesondere bei lichttechnischen Reflektoren unerwünscht sind. Weiterhin ist die technische Umsetzung des in DE 43 11 978 und in PCT/EP 94/01043 beschriebenen Beulverfahrens noch verbesserungsfähig: Um die beulstrukturierte Materialbahn oder Folie aus der Krümmung heraus in ein exakt ebenes Blech oder Band zu überführen, können aufwendige Richtvorrichtungen benötigt werden. Weiterhin ist bisher noch nicht die Aufgabe gelöst, wie Materialbahnen oder Folien in der Weise strukturiert werden, daß der eine Teil der Fläche beulstrukturiert wird während der andere Teil eben bleibt. Schließlich erfordert das bekannte Beulverfahren von Zylinderschalen für z. B. Dosen und Fässer noch einen erheblichen apparativen und zeitlichen Aufwand.

Das in den deutschen Patentschriften Nr. 16 02 489, Nr. 17 52 001 und Nr. 15 52 017 beschriebene bekannte und viel ältere Zweiwalzen-Rundbiegeverfahren dient zur Erzeugung von zylindrischen Rohlingen mit optima-

ler Zylindrizität und ist vorzugsweise für die Herstellung zylindrischer Bauteile, die keine strukturierten Wände besitzen, geeignet. Wenn mit dem Zweiwalzen-Rundbiegeverfahren zylindrische Bauteile mit einer profilierten Oberfläche hergestellt werden, handelt es sich dabei um ein mechanisches Abformen von profilierten Formwerkzeugen in die zu verformenden dünnen Wände. Dadurch entstehen in der Regel nach außen gewölbte Profilierungen. Nachteilig ist, daß die Oberfläche der Wand durch die Außenwölbung erheblich vergrößert wird und die erzielte Steigerung der Formsteifigkeit trotz großen Plastifizierungsaufwandes vergleichsweise gering bleibt. Diese Plastifizierungsenergie wird durch eine flexible Walze übertragen, wodurch ein vergleichsweise großer Abrieb der flexiblen Walze entstehen kann. Aus den bekannten Zweiwalzen-Rundbiegeverfahren sind Hinweise auf die Beulverformung zur Erzeugung optimierter, formstabiler, wölbstrukturierter Bauteile mit vergleichsweise geringer Plastifizierung und Schonung der Oberfläche des zu verformenden Werkstoffes nicht zu entnehmen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, mit dem dünne Wände oder Folien mit großer Formstabilität erzeugt werden, die sowohl in der gekrümmten Gestalt als auch in der ebenen Gestalt gleichmäßige, versetzte Wölbstrukturen besitzen und in unterschiedlichen Technologien angewendet werden.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß eine zu strukturierende Materialbahn über gekrümmte, linien- oder punktförmige Stützkonturen geführt und von außen mit einem Überdruck und/oder von innen mit einem Unterdruck beaufschlagt und zwischen der Materialbahn und den Stützkonturen eine flexible Materialbahn geführt wird. Die Stützkonturen können in verschiedenen Richtungen hervorgehoben oder zurückgesetzt sein. Die hier infrage kommenden Richtungen sind — bezogen auf einen zylindrischen Formkörper — die axiale Richtung, die Umfangsrichtung und die radiale Richtung.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß dünne Wände oder Folien über eine Stützkontur-Walze, auf der vorzugsweise versetzte, viereckige oder sechseckige Stützelemente angebracht sind, geführt werden und dann durch äußeren Überdruck oder inneren Unterdruck wölbstrukturiert werden, wobei die Geometrien der Stützkonturen so gewählt werden, daß die Gesetzmäßigkeiten des Beulvorgangs eingehalten werden. Es sind auch andere symmetrische geometrische Stützkonturen, z. B. in Dreiecksform, anwendbar. Beim Beulvorgang treten im wesentlichen nur Biegeumformungen mit vergleichsweise geringen Plastifizierungen auf, wobei eine geringe axiale Schrumpfung (Größenordnung: wenige %) des Materials stattfindet. Hierdurch unterscheidet sich dieser Umformprozeß wesentlich von den bekannten Tiefzieh- oder Preßvorgängen mit Formwerkzeugen, bei denen sehr große Plastifizierungen auftreten. Je weiter man sich von den Geometrien der Stützkonturen, die den Gesetzmäßigkeiten des Beulvorgangs entsprechen, entfernt, desto größer wird der energetische und mechanische Verformungsaufwand und die unerwünschte Plastifizierung des Materials.

Erfindungsgemäß wird dann der äußere Überdruck oder der innere Unterdruck über den reinen Beulvorgang erforderlichen Druck hinaus gesteigert, um die Strukturtiefe weiter zu vergrößern. Auf diese Weise werden die Plastifizierungsreserven, die noch in dem beulverformten Material stecken, vorteilhaft zur Steige-

rung der Formsteifigkeit genutzt. Die so aus der Krümmung der Materialbahn entstandenen Eindrücken der Materialbahn oder der Folie werden Wölbstrukturen genannt.

Wenn eine große Maßgenauigkeit der geometrischen Wölbstrukturen verlangt wird, muß das Herstellungsverfahren noch modifiziert werden. Werden Stützkonturen, die starr auf der Walze angebracht sind, für die Erzeugung von Wölbstrukturen verwendet, entstehen Wölbstrukturen, deren geometrische Form und Tiefe in der Regel nicht exakt gleich sind. Das liegt daran, daß die Wölbstrukturen an den beiden Enden der Stützkontur-Walze etwas tiefer ausgebildet sind als in der Mitte der Stützkontur-Walze. Dies hat zwei Ursachen: Erstens kann die Materialbahn an den Enden der Stützkontur-Walze etwas nachfließen. In der Mitte der Stützkontur-Walze ist jedoch das Nachfließen der Materialbahn durch deren Fixierung auf den starren Stützkonturen stark behindert. Um dieses zu vermeiden, werden erfindungsgemäß Stützkonturen verwendet, die in axialer Richtung der Stützkontur-Walze etwas elastisch beweglich sind. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Stützkontur-Walze aus einzelnen Stützkontur-Scheiben zusammengesetzt wird, zwischen denen elastische Zwischenlagen angeordnet werden können. Diese Stützkontur-Scheiben haben weiterhin den Vorteil, daß sie kostengünstig hergestellt und variabel zu einer Stützkonturwalze mit unterschiedlicher Länge zusammengefügt werden können. Die zweite Ursache für die ungleichmäßigen Wölbstrukturen liegt in der Durchbiegung der Walzen, wodurch die Druckübertragung an den Enden der Walzen größer ist als in der Mitte. Es werden deshalb erfindungsgemäß ballige Stützkontur-Walzen verwendet. Alternativ wird die Stützkontur-Walze erfindungsgemäß durch eine zweite flexible Druckwalze abgestützt, die die Durchbiegung der Stützkontur-Walze verhindert. Diese zweite flexible Druckwalze kann weiterhin erfindungsgemäß dazu verwendet werden, eine beulstrukturierte Materialbahn in einem zweiten Schritt tiefer zu strukturieren, um deren Formstabilität noch weiter zu steigern. Auf diese Weise entsteht erfindungsgemäß ein zweistufiger Strukturierungsprozeß, bei dem zunächst mit einer ersten elastischen Druckwalze die Beulstrukturierung erzeugt wird und dann mit einer zweiten elastischen Druckwalze eine plastische Tiefeinziehung der Wölbstruktur erreicht wird. Wegen der Walkarbeit der elastischen Schicht der Druckwalze, die im kontinuierlichen Betrieb die Druckwalze erwärmt, wird die Druckwalze erfindungsgemäß gekühlt.

Alternativ werden gleichmäßige Wölbstrukturen dadurch erzeugt, daß erfindungsgemäß zwischen den Stützkonturen und der zu verformenden Materialbahn eine weitere Materialbahn, die vorzugsweise aus Gummi oder flexiblem Gewebe besteht, geführt wird. Hierdurch wird ein axiales Nachfließen der Materialbahn gewährleistet. Die Tiefen der Wölbstrukturen sind etwas flacher ausgebildet. Die flexible Materialbahn hat erfindungsgemäß noch weitere Vorteile. Auf einer oberflächenempfindlichen Materialbahn, z. B. eloxierte Lichtreflektoren, werden unerwünschte mechanische Abdrücke durch denkbare Unregelmäßigkeiten, z. B. Rauigkeiten, der Stützkonturen dadurch vermieden, daß die Stützkonturen durch die flexible Materialbahn abgefedert werden. Mit dieser flexiblen Materialbahn wird weiterhin bewirkt, daß die wölbstrukturierte Materialbahn, die bisher in gekrümmter Gestalt die Stützkontur-Walze verließ, auf einfache Weise in eine nahezu

ebene Gestalt überführt wird. Dies erfolgt dadurch, daß erfindungsgemäß die zu strukturierende Materialbahn zwischen der flexiblen Materialbahn und einer flexiblen Druckwalze (PCT/EP 94/01043, Fig. 12, Nr. 47 und Fig. 16, Nr. 63) geleitet und dabei schonend gerichtet wird. Es werden dann nur noch vergleichsweise einfache, nachgeschaltete Richtvorrichtungen benötigt, um die wölbstrukturierte Materialbahn in eine exakt ebene Gestalt (z. B. für ebene, strukturierte Lichtreflektoren) zu verformen. Anstatt der flexiblen Materialbahn (zwischen der Stützkontur-Walze und der zu verformenden Materialbahn) können auch erfindungsgemäß elastische Stützelemente der Stützkontur-Walze verwendet werden.

Bei der Erzeugung von ebenen, wölbstrukturierten Blechen oder Folien ist weiterhin zu berücksichtigen, daß bei der Überführung von der gekrümmten in die ebene Gestalt die axialen Falten (DE 43 11 978, Fig. 2, Nr. 11) der strukturierten Materialbahn aus geometrischen Gründen teilweise aufgebogen (geglättet) werden, während die radialen Falten (DE 43 11 978, Fig. 2, Nr. 10) ihre formstabile Gestalt beibehalten. Hierdurch wären die Strukturfalten eines wölbstrukturierten, ebenen Bleches oder Bandes in den unterschiedlichen Wandrichtungen nicht gleichmäßig ausgebildet. Deshalb werden erfindungsgemäß die axialen Stützkonturen der Walze in der Weise überhöht ausgebildet, daß der obengenannte geometrische Einfluß während der Überführung von der gekrümmten in die ebene Gestalt kompensiert wird. Erfindungsgemäß können diese Überhöhungen der axialen Stützkonturen der Walze in sehr einfacher und flexibler Weise auch durch schmale Blechstreifen, die in Umfangsrichtung der Walze zwischen den radialen Stützfalten um die radialen Stützfalten gewickelt werden, realisiert werden.

Für die Herstellung strukturierter Materialbahnen oder Folien, bei denen nur der eine Teil ihrer Flächen wölbstrukturiert werden soll, der andere Teil jedoch glatt (d. h. nicht strukturiert) bleiben soll, werden die Stützkontur-Walze und/oder die flexible Druckwalze erfindungsgemäß in der folgenden Weise ausgestattet und betrieben. Wenn Flächen in Längsrichtung der Materialbahn oder der Folie glatt bleiben sollen, werden dementsprechend die Bereiche der Stützkontur-Walze eben gestaltet oder ausgespart. Alternativ werden die entsprechenden Bereiche der flexiblen Druckwalze ausgespart, so daß an diesen Flächen keine Druckbeaufschlagung stattfindet. Wenn in Längsrichtung der Materialbahn oder der Folie abwechselnd einige Flächen glatt bleiben sollen, werden die entsprechenden Bereiche der flexiblen Druckwalze ausgespart. Für den Fall, daß die Materialbahn oder die Folie in Längsrichtung nur abschnittsweise strukturiert werden soll, wird das Verfahren erfindungsgemäß in der Weise betrieben, daß eine Stützkontur-Walze und eine flexible Druckwalze zwecks Wölbstrukturierung der Materialbahn zusammengedrückt werden und für die glatten Flächen wieder voneinander entfernt werden.

Wölbstrukturierte Materialbahnen und Folien können aufgrund ihrer großen Formstabilität bei geringem Materialeinsatz und Gewicht, ihrer verbesserten Wärme- und Stoffübertragung, ihrer günstigen schalltechnischen Eigenschaften, ihrer guten Oberflächeneigenschaften und ihrer günstigen lichttechnischen Eigenschaften in vielen Bereichen der Technik verwendet werden. Die in DE 43 11 978 C1 und in PCT/EP 94/01043 erläuterten Eigenschaften und vielfältigen Anwendungen sind sinngemäß auch auf wölbstrukturierte

Halbzeuge und Bauteile übertagbar. Beispiele für die Anwendungen sind die folgenden Bereiche: Paneele, Fassadenverkleidungen, Dachverkleidungen, Wärmedämmung, Gehäuse für Maschinen und Haushaltsgeräte, Waschmaschinenentwässerungen, Raumaussattung, Lichtreflektoren, ein- und mehrwändige Behälter und Tanks, gewichtsparende Packstoffe und Packmittel aus Metallen, Kunststoffen, Papier, Glas, Apparatechnik, Verbundmaterialien, Gerüsten, Halbzeuge für den Baubereich, Wärmeaustauscher, Katalysator-Pakete, Schalltechnik und Akustik, Auspuffanlagen, Design und Werbung, Automobilbereich, Energie- und Stoßabsorber, Medizintechnik, Leichtbauteile für die Raum- und Luftfahrt, formsteife, gewichtsparende Bleche für die Schiffstechnik, formstabile Kegelstümpfe, Halbkugelschalen, Klöpperböden und sonstige rotationssymmetrische, dünnwandige Körper, Behälterwände für Füllkörperschüttungen und mehrdimensionale, dünnwandige Schalen. Im folgenden werden einige Anwendungen näher beschrieben:

Ein Beispiel ist erfindungsgemäß die Herstellung von Paneelen, wobei zunächst zwei lackierte Bleche wölbstrukturiert werden, deren Seitenränder jedoch glatt bleiben. Die glatten Seitenränder der beiden Bleche werden dann umgekannt und zu einem Rechteckquerschnitt verbunden werden und anschließend mit Hartschaum (vorzugsweise PUR-Schaum) ausgeschäumt. Die Wölstrukturen bewirken erfindungsgemäß ferner eine verbesserte Haftung des Hartschaums auf den strukturierten Blechen.

Ein weiteres Beispiel ist erfindungsgemäß die Herstellung von wölbstrukturierten Wärmeaustauschplatten. Hierzu werden vorzugsweise wölbstrukturierte Materialbahnen oder Folien hergestellt deren Ränder und Enden glatt (nicht strukturiert) sind. Zwei wölbstrukturierte Bleche werden in der Weise übereinander angeordnet, daß sich jeweils zwei Wölbungen berühren. Dann werden die glatten Ränder und Enden der beiden Bleche sowie einige oder sämtliche Berührungstellen der Wölbungen verbunden (z. B. verschweißt, verlötet oder verklebt). Auf diese Weise hergestellte wölbstrukturierte Wärmeaustauschplatten sind sowohl für eben angeordnete als auch für etwas gekrümmt angeordnete Wärmeaustauscher geeignet. Für Spiralwärmeaustauscher, die einen stärkeren Krümmungsradius haben, werden vorzugsweise wölbstrukturierte Materialbahnen oder Folien verwendet, die in Umfangsrichtung beabstandete ebene Flächen besitzen. Diese beabstandeten ebenen Flächen dienen zur Befestigung von beabstandeten Distanzelementen. Diese wölbstrukturierten Wärmeaustauscher zeichnen sich gegenüber den bekannten Typen durch eine verbesserte Wärmeübertragung und durch eine hohe Formstabilität bei geringer Wandstärke aus. Weiterhin ist die Gefahr des Absetzens von Verunreinigungen (Fouling) auf der Wärmeübertragewand reduziert, da wölbstrukturierte Materialien eine einwandfreie Oberfläche beibehalten. Damit eignen sich die erfindungsgemäß profilierten Bleche besonders für verfahrenstechnische Apparate der Wärme- und Stoffübertragung.

Wölbstrukturierte, zylindrische Wände für z. B. Dosen, Fässer oder zylindrische Tanks werden erfindungsgemäß dadurch erzeugt, daß dünnwandige, zylindrische Rohlinge zwischen einer inneren, zylindrischen Stützkontur-Walze und einer äußeren, flexiblen Druckwalze geführt und wölbstrukturiert werden. Die Stützelemente der Stützkontur-Walze entsprechen hierbei den Ge-

trisch so angeordnet, daß der Zylinderumfang wölbstrukturiert ist, jedoch ungleichmäßige Überlappungen der Wölstrukturen vermieden werden. Dies gilt erfindungsgemäß nicht nur für zylindrische Wände sondern in Anlehnung an das in DE 43 11 978 C1 und in PCT/EP 94/01043 beschriebene Herstellungsverfahren auch für die Erzeugung von wölbstrukturierten, dünnen Wänden mit anderer Schalengeometrie, z. B. Kegelstümpfe, Halbkugelschalen, Klöpperböden oder sonstige rotationssymmetrische, dünnwandige Körper. Die bevorzugten Geometrien der Stützkonturen sind für abwickelbare Schalen (z. B. zylindrisch, konisch) versetzte Vierecke und Sechsecke und für nicht abwickelbare Schalen (z. B. kugelförmig, rotationsparabolisch) Sechsecke und Fünfecke. Aber auch andere Geometrien der Stützkonturen, z. B. Dreiecke, sind anwendbar. Auf dem Verpackungssektor entstehen auf diese Weise formstabile Packstoffe und Packmittel mit geringem Materialeinsatz und Gewicht sowie reduziertem Abfallaufkommen. Ein wesentlicher Vorteil wölbstrukturierter Packstoffe gegenüber den bekannten, strukturierten Packstoffen (gesickte Dosen, Wellpappe) besteht darin, daß wölbstrukturierte Packstoffe eine hohe Formsteifigkeit in mehreren Wandrichtungen besitzen und mit vergleichsweise geringen apparativen und energetischen Aufwand hergestellt werden können. Auf diese Weise hergestellte wölbstrukturierte Dosen und Fässer besitzen erfindungsgemäß nicht nur eine hohe radiale Formstabilität sondern auch eine hohe axiale Formstabilität (z. B. für Stapellast). Da bei der Wölbstrukturierung von Materialbahnen und Folien im wesentlichen Biegeumformungen und nur vergleichsweise geringe plastische Verformungen auftreten, können erfindungsgemäß auch unterschiedliche Sorten von Pappe und Papier, die vorzugsweise vor der Verformung angefeuchtet werden, zu formstabilen Packstoffen wölbstrukturiert werden. Dagegen lassen sich Pappe und Papier mit den bekannten Umformprozessen nicht oder nur in sehr begrenztem Umfang plastisch verformen, da die Fasern von Pappe und Papier sehr leicht reißen.

In Behältern mit durchströmten Festkörperschüttungen kann die bekannte, unerwünschte Randgängigkeit der Strömung in der Nähe der Behälterwände dadurch reduziert werden, daß statt der ebenen Wand erfindungsgemäß eine wölbstrukturierte Wand verwendet wird. Die Wölstrukturen der Wand werden hierzu in der Weise ausgebildet, daß der freie Strömungsquerschnitt zwischen der gewölbten Wand und den Festkörperteilchen klein ist und gleichzeitig die Strömung mehrfach umgelenkt wird.

Wölbstrukturierte Flachzeuge sind auch sehr vorteilhaft in der Medizintechnik, insbesondere zur Herstellung von Schienen (Fachausdruck: Platten) für die Verbindung von Knochenbrüchen sowie zur Herstellung von Bein-, Arm- und Gelenk-Prothesen (Fachausdruck: Orthesen) geeignet. Die wesentlichen Vorteile wölbstrukturierter Materialien sind hierbei erfindungsgemäß: Wölbstrukturierte Platten oder Orthesen aus metallischen Werkstoffen besitzen tendentiell eine axiale Elastizität, die in etwa der Elastizität von Knochen entspricht. Deshalb werden bei geschienten Knochenbrüchen starke Relativbewegungen zwischen der verschraubten Platte einerseits und dem Knochen weitgehend vermieden. Die bekannten, ebenen Platten aus metallischen Werkstoffen sind dagegen sehr steif (Elastizitätsmodul/Stahl ca. 210 000 N/mm<sup>2</sup>), während die Knochen wesentlich elastischer sind (Elastizitätsmodul/Knochen ca. 14 000 N/mm<sup>2</sup>). Wölbstrukturierte Platten

haben weiterhin gegenüber den bekannten ebenen Platten den Vorteil, daß infolge der runden Wölbungen die Kraftübertragung von der Platte auf den Knochen nur an diskreten, runden Flächen erfolgt. Auf diese Weise kann die Knochenhaut, die den Knochen umschließt, zwischen den diskreten Auflagestellen durchblutet werden. Bei den bekannten ebenen Platten dagegen besteht die Gefahr, daß die Knochenhaut zerquetscht wird und abstirbt.

Wölbstrukturierte Halbzeuge können auch erfindungsgemäß weiterverformt werden, um z. B. schalenförmige Bauteile herzustellen. Hierzu werden bevorzugt sechseckige wölbstrukturierte Materialbahnen oder Folien verwendet, die sich erfindungsgemäß dadurch schalenförmig verformen lassen, daß einerseits die Falten der Strukturen tiefer gebogen werden, wenn die Krümmung des Bauteils verstärkt werden soll, und andererseits die Falten der Strukturen teilweise oder vollständig aufgebogen werden, wenn die Krümmung des Bauteils abgeflacht werden soll. Hierbei treten im wesentlichen nur Biegeumformungen der Strukturfallen auf während die bekannten Umformprozesse eine vergleichsweise große Plastifizierung des Werkstoffs erfordern würde. Auf diese Weise wölbstrukturierte Bauteile lassen sich mit Formwerkzeugen nicht weiter umformen, da die Plastifizierungsreserven noch nicht vollständig ausgeschöpft sind.

Die Anwendungsbereiche der erfindungsgemäßen Teile ist vielfältig. Es können mehrdimensionale, dünnwandige Schalen hergestellt werden. Erfindungsgemäß profilierte Behälterwandungen eröffnen verfahrenstechnische Vorteile, wenn sie eine Schüttung enthalten, die mit einem Medium durchströmt wird. Die Vorteile kommen im Randbereich der Schüttung zum Tragen.

Ganz allgemein lassen sich beliebige Formen aus erfindungsgemäß profilierten Blechen und Folien erzeugen, z. B. Kegelstümpfe, Halbkugelschalen, Klöpperböden und sonstige rotationssymmetrische, dünnwandige Körper.

Es ist einleuchtend, daß die mit der erfindungsgemäßen Profilierung verbundene Gewichtsersparnis sich in der Luft- und Raumfahrttechnik stark auswirkt. Hier können Tragkonstruktionen sowie Innen- und Außenverkleidungen aus entsprechend profiliertem Material eingesetzt werden. Aber auch andere Bereiche können von der Gewichtsersparnis profitieren. Dazu gehören unter anderem der Schiffbau und der Automobilbau. Insbesondere beim Ausbau von Schiffen kann mit der erfindungsgemäßen Profilierung von Blechen erheblich an Gewicht gewonnen werden. Im Automobilbau ist die Gewichtsersparnis nur ein Ziel. Daneben wird eine kontrollierte Verformung mit einem hohen Verformungswiderstand angestrebt. Hier zeigen erfindungsgemäß profilierte Bleche hohe Werte. Im Automobilbau kann auch die Herstellung von Auspuffanlagen aus erfindungsgemäß profilierten Blechen eine erhebliche Bedeutung erlangen.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den übrigen Unteransprüchen beschrieben. Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der beiliegenden Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben; es zeigt

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung wölbstrukturierter Materialbahnen und/oder Folien mit einer Stützkontur-Walze und einer flexiblen Druckwalze (radialer Querschnitt);

Fig. 2a die Aufsicht auf eine mit einer Vorrichtung nach Fig. 1 hergestellte Wölbstruktur mit versetzter,

viereckiger Kontur;

Fig. 2b und Fig. 2c die Aufsicht auf mit einer Vorrichtung nach Fig. 1 hergestellte Wölbstrukturen mit zwei sechseckigen Strukturen;

Fig. 3a den Querschnitt und die Aufsicht eines Walzensegments mit den axialen Stützelementen der Sechseckstruktur;

Fig. 3b den Querschnitt und die Aufsicht eines Walzensegmentes mit den radialen Zickzack-Stützelementen der Sechseckstruktur;

Fig. 3c die Aufsicht auf eine aus Walzensegmenten nach Fig. 3a und Fig. 3b zusammengesetzte Stützkontur-Walze;

Fig. 4a den Querschnitt und die Aufsicht eines Walzensegmentes mit den Stützelementen der Sechseckstruktur;

Fig. 4b die Aufsicht auf eine aus den Walzensegmenten nach Fig. 4a zusammengesetzte Stützkontur-Walze;

Fig. 5 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen mit einer Stützkontur-Walze und zwei flexiblen Druckwalzen;

Fig. 6 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen mit einer flexiblen Druckwalze und einer mit flexibler Materialbahn umgebenen Stützkontur-Walze;

Fig. 7a zeigt den schematischen, axialen Querschnitt durch mit Blechstreifen axial überhöhte Stützkonturen der Walze;

Fig. 7b und Fig. 7c zeigen den schematischen, axialen und radialen Querschnitt durch axial überhöhte Stützkonturen der Walze;

Fig. 8a zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen mit einer ausgesparten, strukturierten Stützkontur-Walze (in Aufsicht) und einer flexiblen Druckwalze (axialer Querschnitt);

Fig. 8b zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen mit einer strukturierten Stützkontur-Walze (Aufsicht) und einer in der Mitte ausgesparten, flexiblen Druckwalze (axialer Querschnitt);

Fig. 9 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen mit einer strukturierten Stützkontur-Walze und einer ausgesparten, flexiblen Druckwalze (radialer Querschnitt);

Fig. 10 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen mit einer strukturierten Stützkontur-Walze und einem ausgesparten Druckband;

Fig. 11 zeigt die Aufsicht auf eine mit einer Vorrichtung nach Fig. 8a oder Fig. 8b hergestellten, wölbstrukturierte Materialbahn mit ausgesparten, ebenen Flächen in Bandrichtung;

Fig. 12a zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Dosen oder dünnwandigen Zylindern mit einer Stützkontur-Walze und einer flexiblen Druckwalze (radialer Querschnitt);

Fig. 12b zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Dosen oder dünnwandigen Zylindern mit einer Stützkontur-Walze (axiale Aufsicht) und einer flexiblen Druckwalze (axialer Querschnitt);

Fig. 13a und Fig. 13b zeigen schematisch den radialen und axialen Querschnitt durch einen mit runden Füllkörpern gefüllten zylindrischen, wölbstrukturierten Behälter.

ter;

Fig. 14a und Fig. 14b zeigen schematisch den axialen und radialen Querschnitt durch einen mit einer wölbstrukturierten Platte gestützten Knochen.

Die in der Fig. 1 dargestellte Vorrichtung zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung wölbstrukturierter Materialbahnen oder Folien. Die Materialbahn 1 wird um die Stützkontur-Walze 2 mit den Stützelementen 3 geführt und durch die flexible Druckwalze 4 an die Stützkontur-Walze 2, 3 gedrückt. Durch den von der Druckwalze 4 auf die gekrümmte Materialbahn 1 aufgeprägten Druck kommt es zunächst zum Einbeulen der Materialbahn 1 zwischen den Stützelementen 3. Die Krümmung der Stützkontur-Walze 2, 3 und die geometrischen Abstände der Stützelemente 3 zueinander sind so gewählt, daß die Gesetzmäßigkeiten des gleichmäßigen, versetzten Beulens eingehalten werden. Der von der flexiblen Druckwalze 4 auf die Materialbahn 1 übertragene Druck ist größer als der erforderliche Beuldruck, so daß dem eigentlichen Beulvorgang noch ein plastisches Eindringen überlagert wird. Damit über die gesamte Länge der Walzen ein gleichmäßiger Druck übertragen wird, haben die Druckwalze 4 und/oder die Stützkontur-Walze 2, 3 eine ballige Gestalt, um auf diese Weise die Durchbiegung der Walzen zu kompensieren.

Die in der Fig. 2a, 2b und 2c dargestellten Vorrichtungen zeigen die Aufsicht von abgewinkelten, wölbstrukturierten Folienabschnitten. In Fig. 2a sind versetzte Vierecke dargestellt, die sich aus den radialen Falten 5 mit dem Abstand h und den axialen Falten 6 mit dem Abstand b ergeben. In Fig. 2b und 2c sind zwei alternative Anordnungen von Sechseckstrukturen dargestellt. In Fig. 2b sind die radial umlaufenden Falten 7 zickzackförmig und haben einen mittleren, axialen Abstand h. Die axialen Falten 8 haben den Abstand b zueinander. In Fig. 2c sind die axialen Falten 9 zickzackförmig. Die radialen Falten 10 der Sechseckkonturen haben jeweils den Abstand h.

Die in Fig. 3a, 3b und 3c dargestellten Vorrichtungen zeigen sowohl einzelne Walzensegmente mit ihren Stützelementen als auch eine Stützkontur-Walze, die aus den einzelnen Walzensegmenten zusammengesetzt ist. Die in Fig. 3a dargestellte Vorrichtung zeigt den Querschnitt und die Aufsicht von einem Walzensegment mit den axialen Stützelementen 8 entsprechend Fig. 2b. Die in Fig. 3b dargestellte Vorrichtung zeigt den Querschnitt und die Aufsicht von einem Walzensegment mit den radialen, zickzackförmigen Stützelementen 7 entsprechend Fig. 2b. Die in Fig. 3c dargestellte Vorrichtung zeigt die Aufsicht auf eine aus den Walzensegmenten nach Fig. 3a und 3b zusammengesetzte Stützkontur-Walze mit der Sechseckkontur. Zwischen den einzelnen Walzensegmenten können dünne, flexible Distanzlagen 11 angebracht werden, um eine axiale Elastizität der Stützkontur-Walze zu erzeugen.

In der Fig. 4a und 4b sind alternative Anordnungen der Walzensegmente dargestellt. Die Fig. 4a zeigt eine Anordnung der Stützelemente 12 auf einem Walzensegment, die die radialen, zickzackförmigen und die axialen Stützelemente der Sechseckkontur enthält. In der Fig. 4b sind die einzelnen Walzensegmente mit elastischen Distanzlagen 11 in zusammengesetzter Gestalt dargestellt. Es gibt noch weitere Varianten, um aus einzelnen Walzensegmenten eine Stützkontur-Walze mit Sechseckkontur zu bilden, z. B. Walzensegmente, die entstehen, wenn die Sechseckkontur nach der Fig. 2b in der Mitte der axialen Falte 8 in radialer Richtung ge-

trennt wird.

Fig. 5 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Herstellung wölbstrukturierter Materialbahnen oder Folien bei der Verwendung von zwei flexiblen Druckwalzen. Die flexible Druckwalze 13 prägt den zur Beulverformung erforderlichen Druck auf die Materialbahn 1 auf. Die flexible Druckwalze 14 prägt einen erhöhten Druck auf, damit durch ein plastisches Eindringen die Strukturtiefe der wölbstrukturierten Materialbahn 1 vergrößert wird. Die Druckwalzen 13 und 14 stützen die Stützkontur-Walze 2, 3 beidseitig ab.

Die in der Fig. 6 dargestellte Vorrichtung zeigt den schematischen Aufbau der Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen oder Folien mit einer flexiblen Druckwalze 4 und einer Stützkontur-Walze 2, 3, die von einer weiteren flexiblen Materialbahn 15 umgeben ist. Hierdurch wird erreicht, daß erstens unerwünschte, mechanische Abdrücke durch denkbare Unregelmäßigkeiten der Stützkonturen 3 ausgeglichen werden und zweitens die wölbstrukturierte Materialbahn 1 in eine nahezu ebene Gestalt überführt wird.

Fig. 7a, 7b und 7c zeigen den Querschnitt einer Vorrichtung zur Herstellung wölbstrukturierter Materialbahnen oder Folien, die durch axial überhöhte Stützelemente der Stützkontur-Walze 2, 3 bewirken, daß wölbstrukturierte Materialbahnen oder Folien auch in den ebenen Gestalt gleichmäßig ausgebildete Strukturalten besitzen. In der Fig. 7a sind zwecks Überhöhung schmale Blechstreifen 16 der Dicke s über den axialen Stützelementen 8 (entsprechend der Fig. 2b) angeordnet. Alternativ sind in der Fig. 7b die axialen Stützelemente 17 mit der Überhöhung s ausgebildet. Diese Überhöhungen s sind in der Fig. 7c in einem radialen Querschnitt dargestellt.

Fig. 8a und 8b zeigen den schematischen Aufbau von Vorrichtungen zur Herstellung wölbstrukturierter Materialbahnen oder Folien, die in Bahnrichtung ausgesparte ebene, d. h. nicht strukturierte, Flächen besitzen. Bei der in Fig. 8a dargestellten Vorrichtung besteht die Stützkontur-Walze aus strukturierten Abschnitten 18 und ebenen Abschnitten 19. In der Fig. 8b wird die ebene, d. h. nicht strukturierte, Fläche der Materialbahn oder der Folie dadurch erzeugt, daß die flexible Druckwalze 4 entsprechende Aussparungen 20 der flexiblen Schicht besitzt.

Die in der Fig. 9 schematisch dargestellte Vorrichtung zeigt eine Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Materialbahnen oder Folien, die in Bandrichtung abschnittsweise wölbstrukturiert werden. Die Materialbahn 1 wird zwischen der Stützkontur-Walze 2, 3 und der Druckwalze 4 geführt und wölbstrukturiert. Im Bereich der Aussparung 21 der Stützkontur-Walze bleibt die Materialbahn eben, d. h. nicht strukturiert.

Fig. 10 zeigt schematisch eine alternative Vorrichtung zur Herstellung wölbstrukturierter Materialbahnen oder Folien mit abschnittweiser Wölbstrukturierung in Bandrichtung. Hierbei wird die Materialbahn 1 zwischen der Stützkontur-Walze 2, 3 und einem flexiblen Druckband 22 geführt und wölbstrukturiert. Das Druckband 22 wird durch zwei Walzen 23 und 24 geführt. Das flexible Druckband 22 besitzt eine oder mehrere Aussparungen 25.

Fig. 11 zeigt schematisch die Aufsicht auf eine mit der Vorrichtung nach Fig. 8 hergestellte, wölbstrukturierte Materialbahn, die in Längsrichtung ebene, d. h. nicht strukturierte Flächen 26, besitzt. Diese ebenen Flächen dienen z. B. zur Befestigung von Distanzbolzen. Auf die-



se Weise können wölbstrukturierte Materialbahnen oder Folien beabstandet auf Unterlagen befestigt werden. Sie können auch sandwichweise übereinandergeschichtet und verbunden werden. Anwendungen sind z. B. Wärmeaustauscherpakete, Spiralwärmeaustauscher oder Leichtbauplatten. Wenn die Zwischenräume mit wärmeisolierenden Stoffen ausgefüllt werden, entstehen leichte und formstabile Wärmedämmungen.

Die in Fig. 12 dargestellte Vorrichtung zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Herstellung von wölbstrukturierten Dosen oder dünnwandigen Zylindern. Fig. 12a stellt den radialen Querschnitt der Vorrichtung mit der Stützkontur-Walze 2, 3, der Druckwalze 4 und dem zylindrischen Dosenrumpf bzw. der zylindrischen Wand 27 dar. Fig. 12b zeigt diese genannten Teile in der axialen Ansicht.

Fig. 13a und Fig. 13b zeigen schematisch den radialen und axialen Querschnitt der Vorrichtung eines wölbstrukturierten, zylindrischen Behälters 28 mit Füllkörpern. Die Wölbstrukturen der Behälterwand sind den Rundungen der Füllkörper in der Weise angepaßt, daß der freie Strömungsquerschnitt zwischen den wandnahen Füllkörpern 29 und der wölbstrukturierten Behälterwand 28 gering ist.

In den Fig. 14a und 14b sind der radiale und der axiale Querschnitt von Knochenteilen 30, die durch eine wölbstrukturierte Platte 31 gestützt bzw. geschient werden, schematisch dargestellt. Die wölbstrukturierte Platte 31, die schalenförmig ist, ist um den Knochen 30 gebogen und liegt nur an punktförmigen, diskreten Flächen an dem Knochen auf. Die schalenförmige, wölbstrukturierte Platte 31 ist in axialer Richtung elastisch und in radialer Richtung biegesteif.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Wölbstrukturierung dünner Materialbahnen und Folien, bei dem gekrümmte Materialbahnen und Folien beabstandet abgestützt und mit einem Über- oder Unterdruck beaufschlagt werden, dadurch gekennzeichnet, daß eine zu strukturierende Materialbahn über gekrümmte, linien- oder punktförmige Stützkonturen geführt und von außen mit einem Überdruck und/oder von innen mit einem Unterdruck beaufschlagt und zwischen der Materialbahn und den Stützkonturen eine flexible Materialbahn geführt wird.
- 1a. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützkonturen einzeln hervorgehoben oder zurückgesetzt sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1 oder 1a, dadurch gekennzeichnet, daß mehrdimensionale, versetzte Wölbstrukturen durch eine elastische Druckbeaufschlagung erzeugt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß viereckige, sechseckige, fünfeckige oder dreieckige Wölbungen erzeugt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen Stützkonturen gegenüber den radialen Stützkonturen ausgeführt sind.
5. Verfahren nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die axialen Stützkonturen durch überstülpte Blechstreifen oder Kappen überhöht sind.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützkonturen auf einer Walze angebracht sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,

daß die Stützkonturen auf einzelnen Walzensegmenten angebracht sind.

8. Verfahren nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Walze mit den Stützkonturen in axialer Richtung elastisch ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den einzelnen Walzensegmenten elastische Distanzscheiben angebracht sind.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine elastische Materialbahn zwischen den Stützkonturen und der zu verformenden Materialbahn oder Folie geführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß elastische Stützkonturen verwendet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Druckbeaufschlagung eine Druckwalze mit einer oder mehreren elastischen Schichten verwendet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckwalzen innen gekühlt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 1, daß für die Druckbeaufschlagung ein umlaufendes Druckband mit einer oder mehreren elastischen Schichten verwendet werden.

15. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 12, 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckwalze oder das Druckband und/oder die Stützkontur-Walze ballig sind.

16. Verfahren nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Druckwalze bzw. ein erstes Druckband zum Beulverformen und eine zweite Druckwalze bzw. ein zweites Druckband zum Tiefziehen der Wölbstrukturen verwendet werden.

17. Verfahren nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützkonturen auf der Walze teilweise ausgespart sind.

18. Verfahren nach Anspruch 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die flexible Schicht der Druckwalze teilweise ausgespart ist.

19. Verfahren nach Anspruch 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die flexible Schicht des Druckbandes teilweise ausgespart ist.

20. Verfahren nach Anspruch 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß für eine abschnittsweise Wölbstrukturierung die Stützkontur-Walze und die Druckwalze bzw. das Druckband diskontinuierlich zusammengedrückt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche oder Folien für Paneelen verwendet werden.

22. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für Fassadenverkleidungen verwendet werden.

23. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Dachverkleidungen verwendet werden.

24. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Einschalung von wärmedämmenden Materialien verwendet werden.

25. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Verkleidung und Einschalung von

Haushaltsgeräten verwendet werden.

26. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Waschmaschinentrommeln verwendet werden. 5

27. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Raumausstattung verwendet werden.

28. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Lichtreflektoren verwendet werden. 10

29. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von ein- oder mehrwändigen Behältern und Tanks verwendet werden. 15

30. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als gewichtsparende Packstoffe aus Metallen, Kunststoffen, Papier oder Glas und für formstabile Packstoffe verwendet werden. 20

31. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Apparatechnik verwendet werden.

32. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Verbundmaterialien verwendet werden. 25

33. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Gerüsten verwendet werden. 30

34. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Halbzeuge im Baubereich verwendet werden. 35

35. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Wärmeübertragerflächen verwendet werden. 40

36. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für beabstandete Wärmeaustauscherflächen verwendet werden.

37. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für verfahrenstechnische Apparate der Wärme- und Stoffübertragung verwendet werden. 45

38. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von beschichteten, formstabilen Katalysator-Paketen verwendet werden. 50

39. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Halbzeuge für die Schalltechnik und die Akustik verwendet werden. 55

40. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Auspuffanlagen verwendet werden. 60

41. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für den Designbereich und die Werbung verwendet werden.

42. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Konstruktionsteile für den Automobilbereich verwendet werden. 65

43. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Energie- und Stoßabsorbieren verwendet werden.

44. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Konstruktionsteile in der Medizintechnik verwendet werden.

45. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als Konstruktionsteile in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden.

46. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien in der Schiffstechnik verwendet werden.

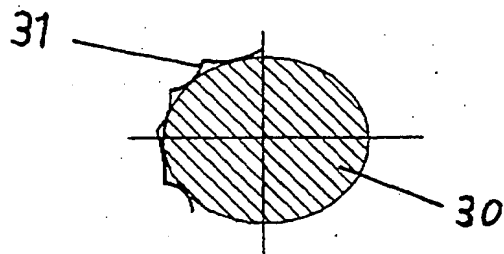
47. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung von Kegelstümpfen, Halbkugelschalen, Klöpperböden und sonstigen rotationssymmetrischen, dünnwandigen Körpern verwendet werden.

48. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien als profilierte Behälterwände für Füllkörperschüttungen verwendet werden.

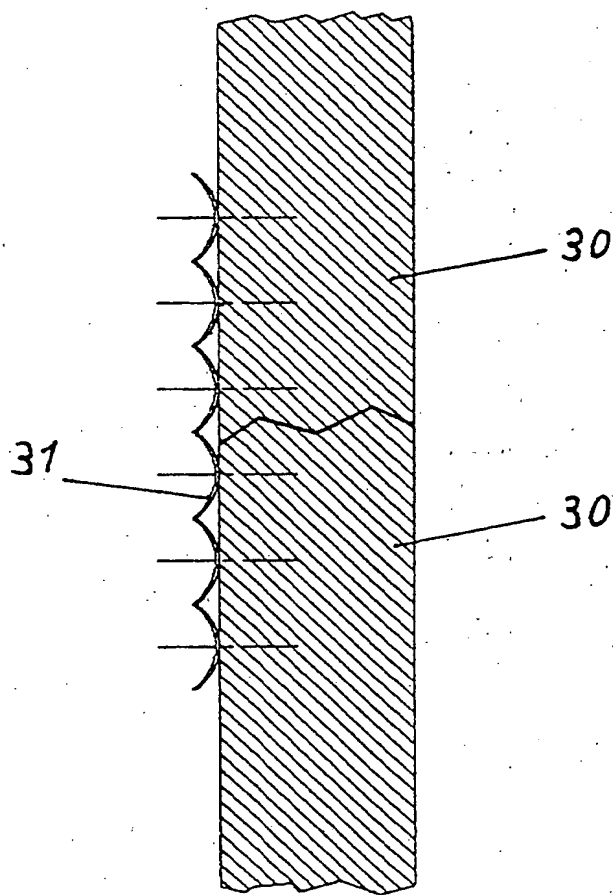
49. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wölbstrukturierte Bleche und Folien für die Herstellung mehrdimensionaler, dünnwandiger Schalen verwendet werden.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen





a.



b.

Fig. 14

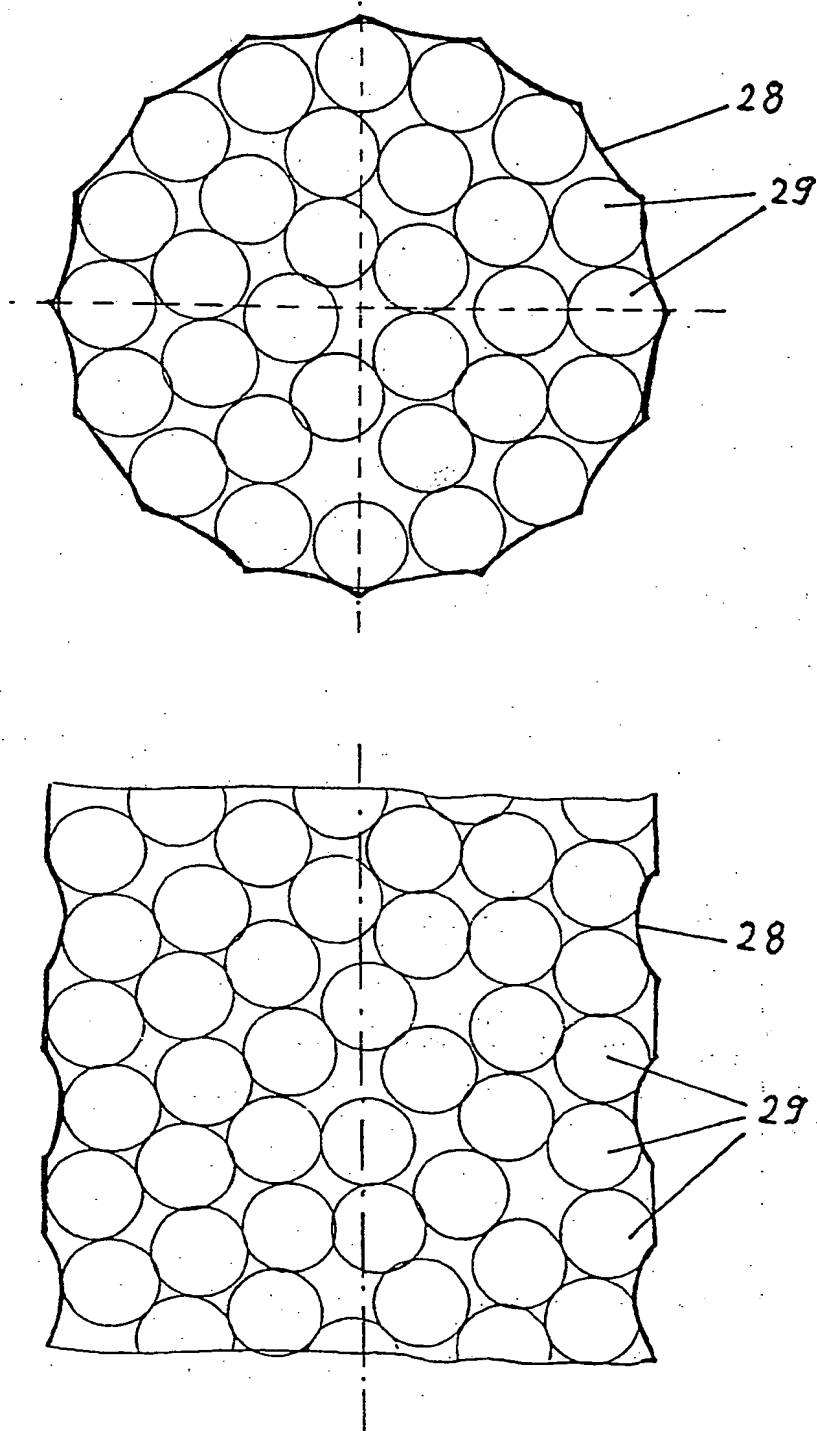


Fig. 13

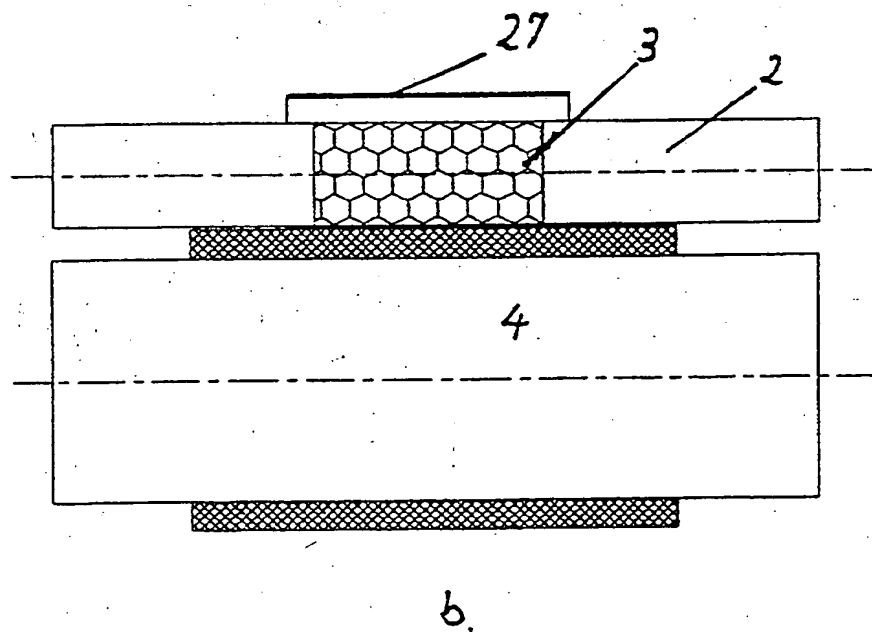
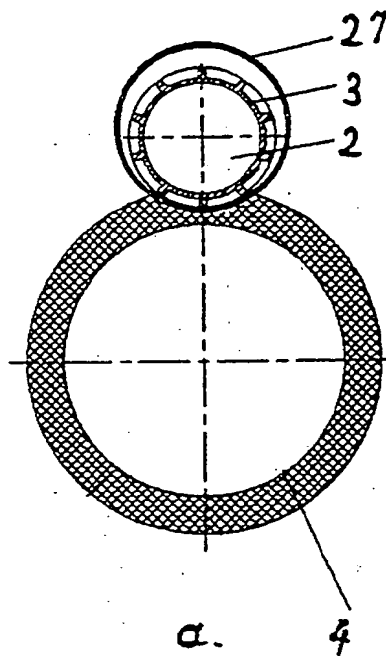


Fig. 12

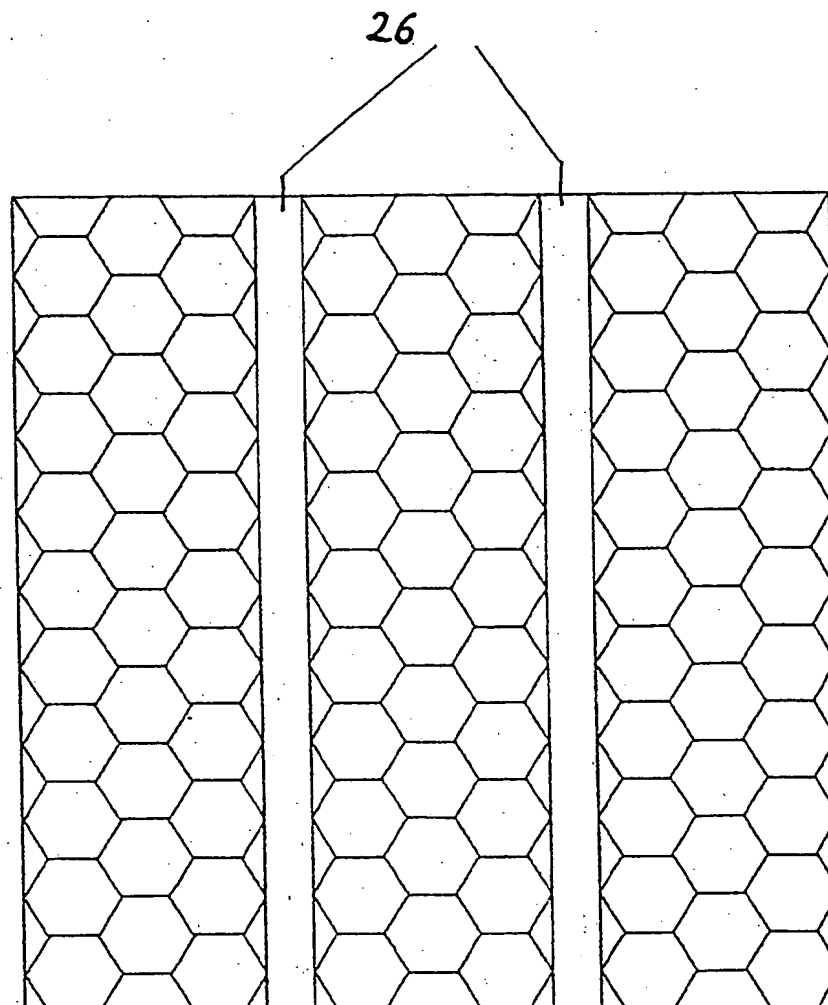


Fig. 11

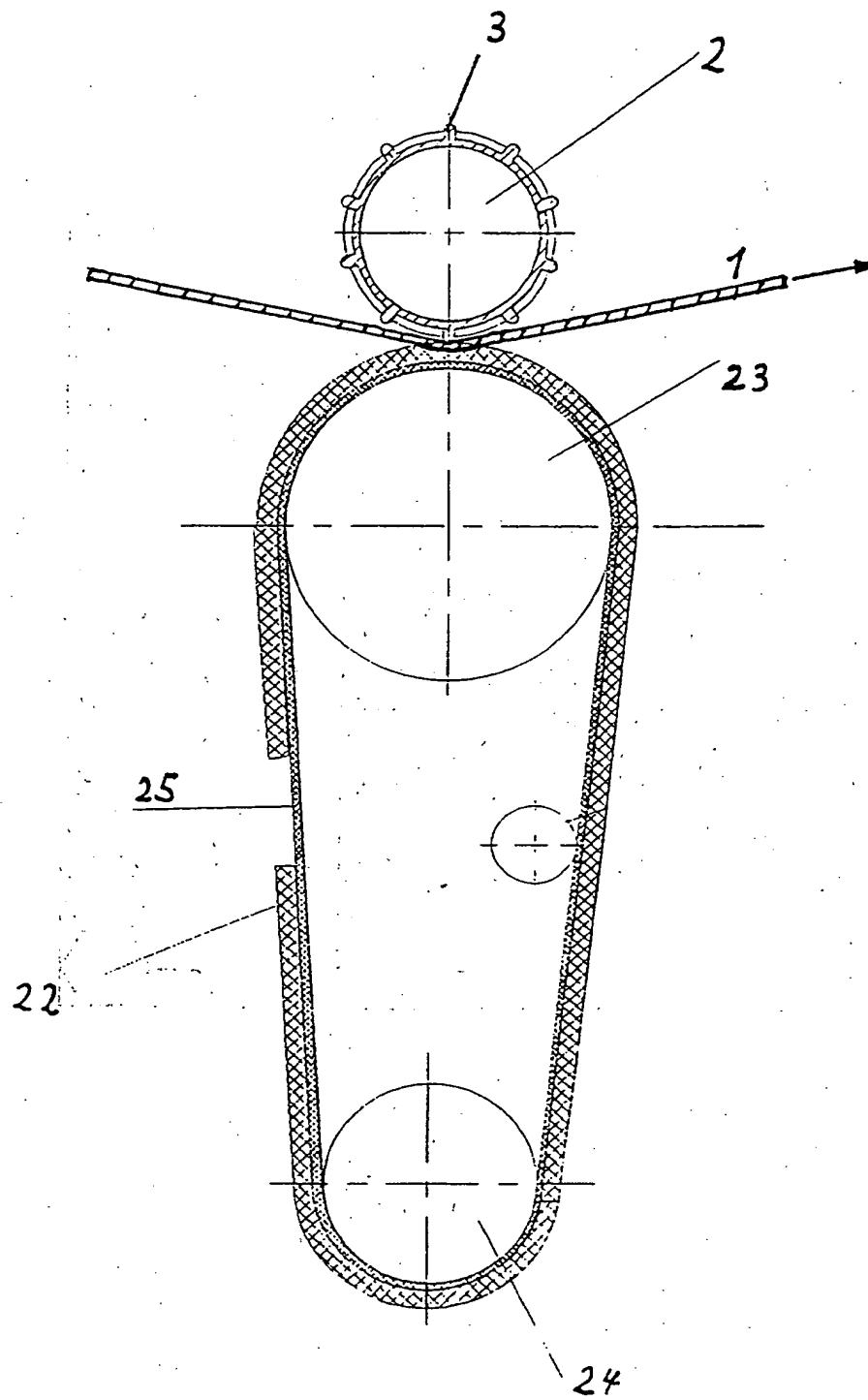


Fig. 10

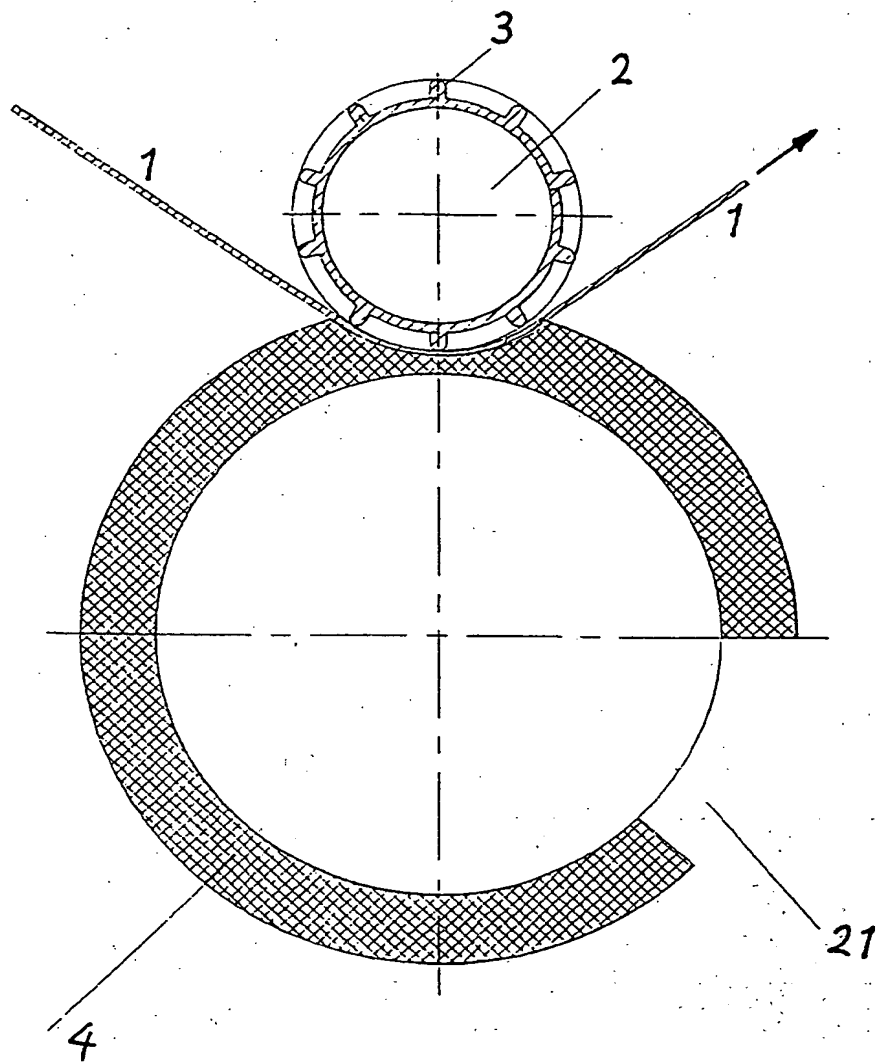


Fig. 9

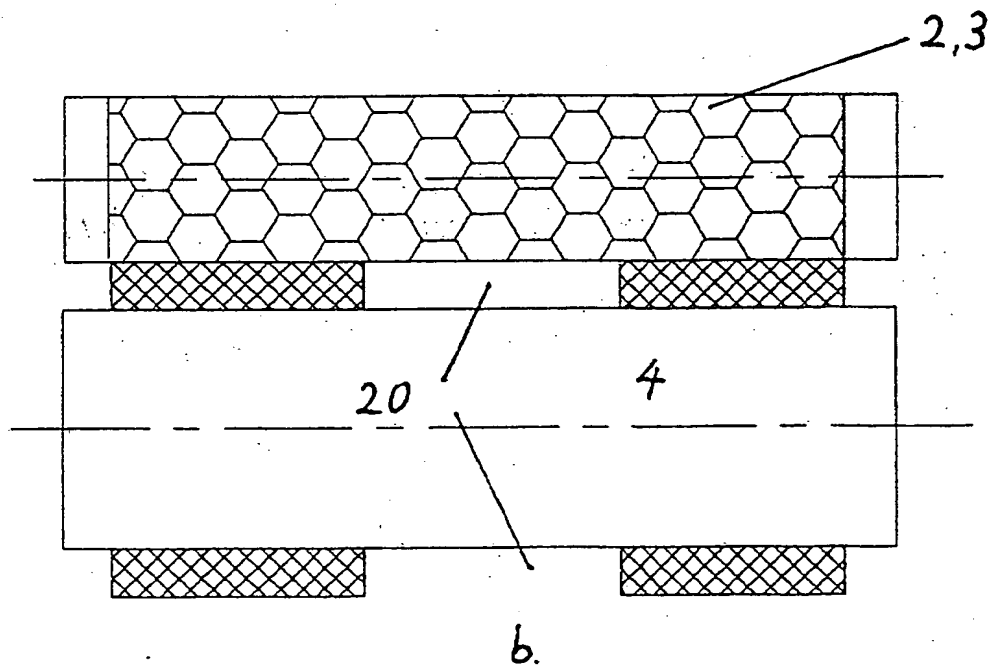
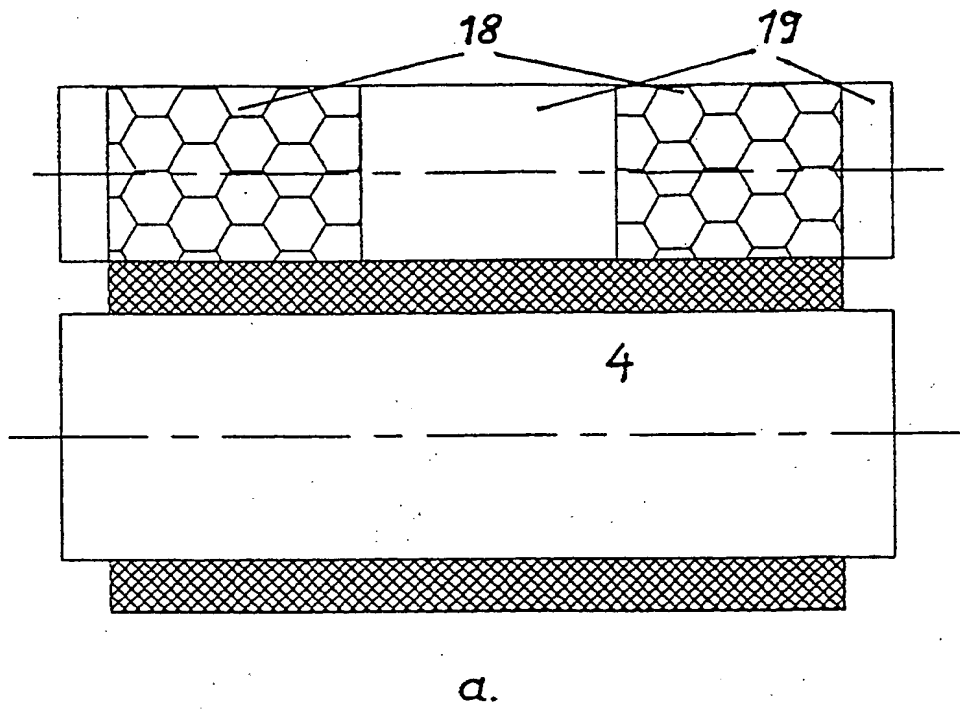


Fig. 8



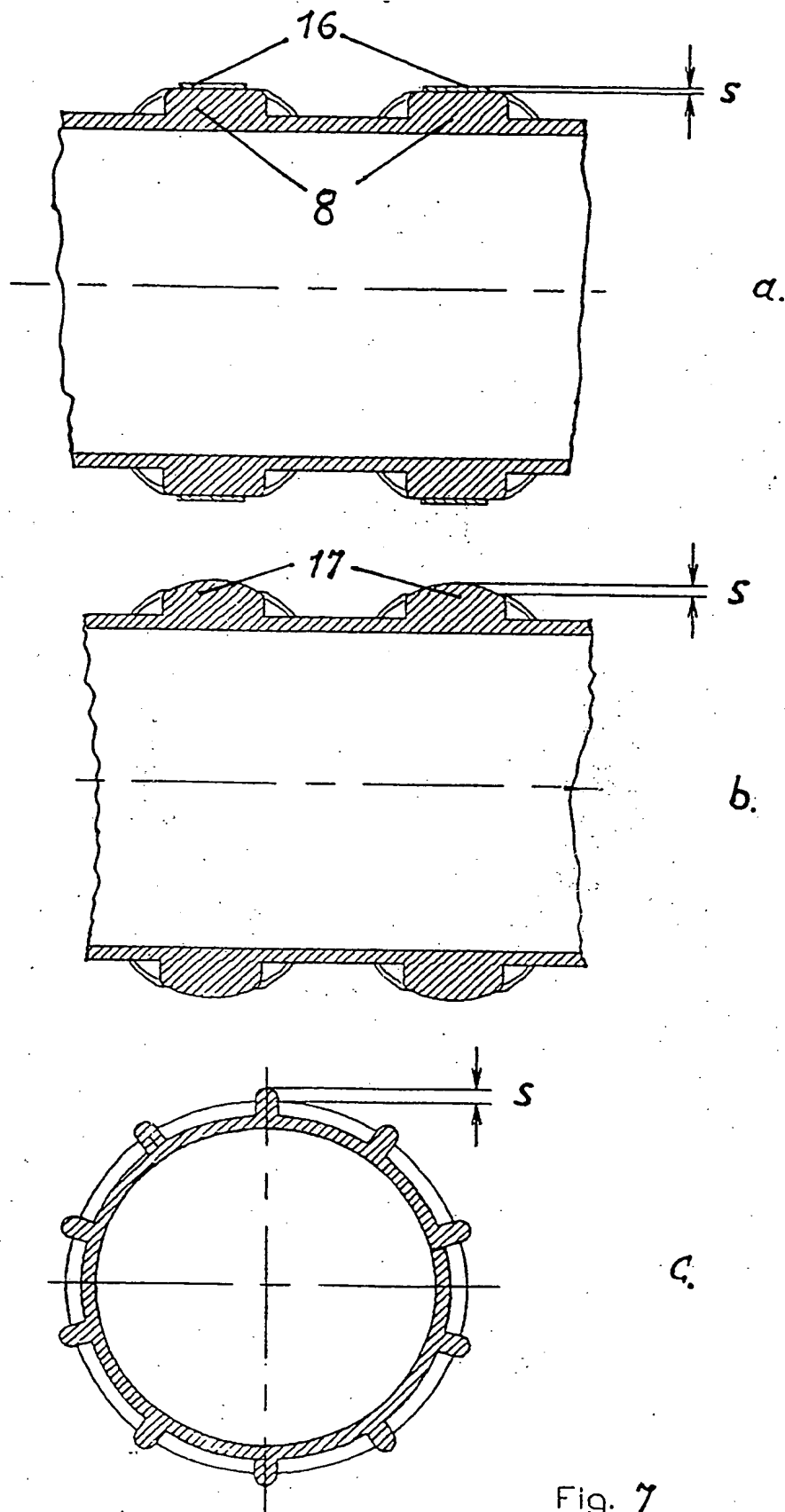


Fig. 7

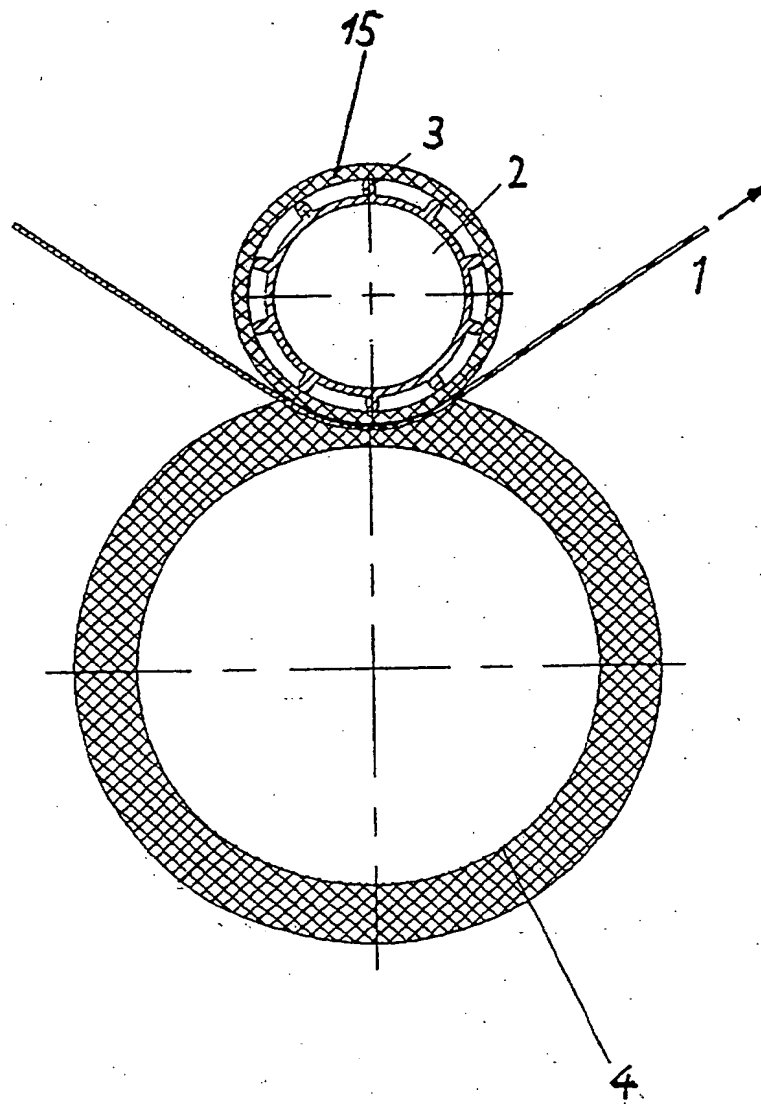


Fig. 6

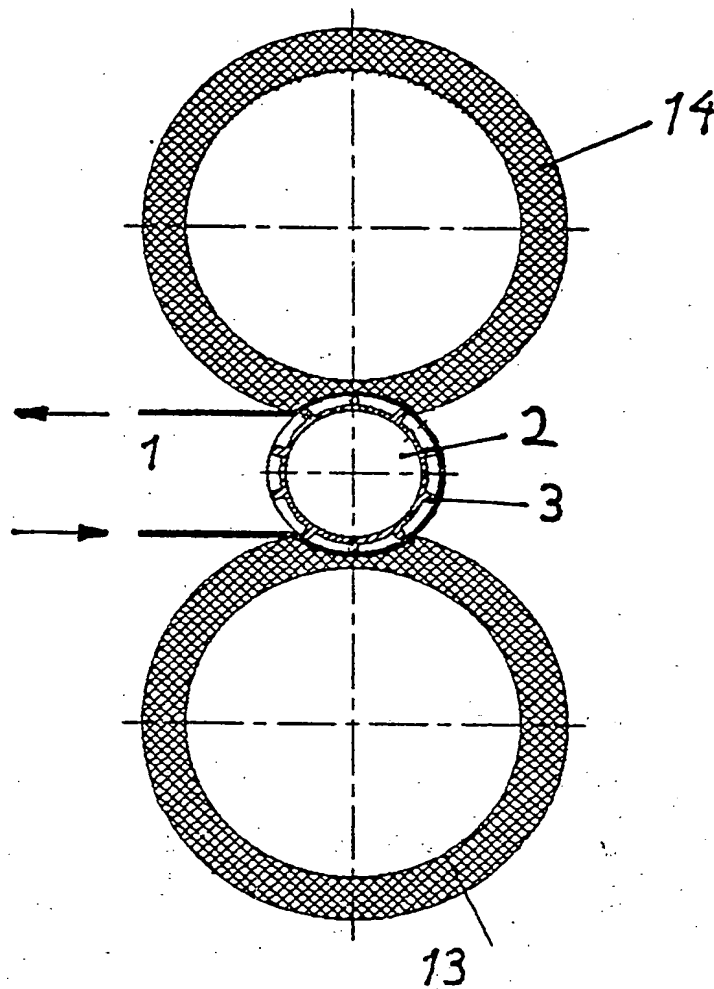


Fig. 5

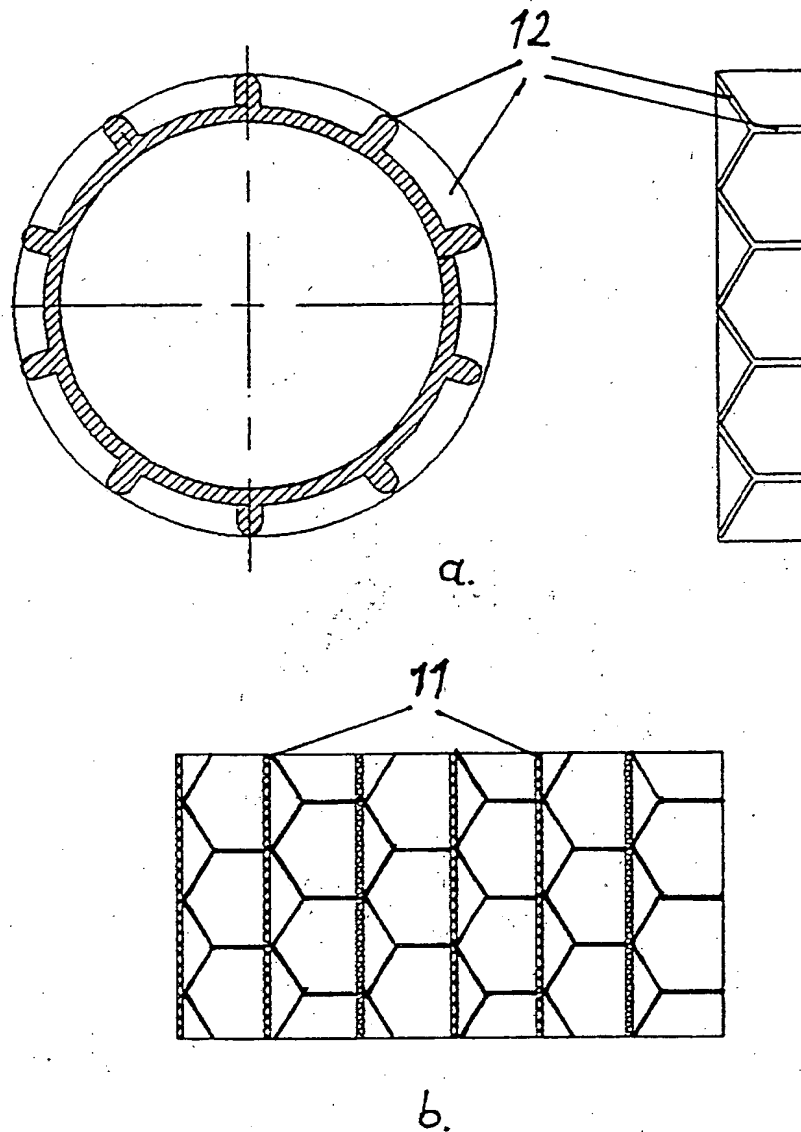


Fig. 4

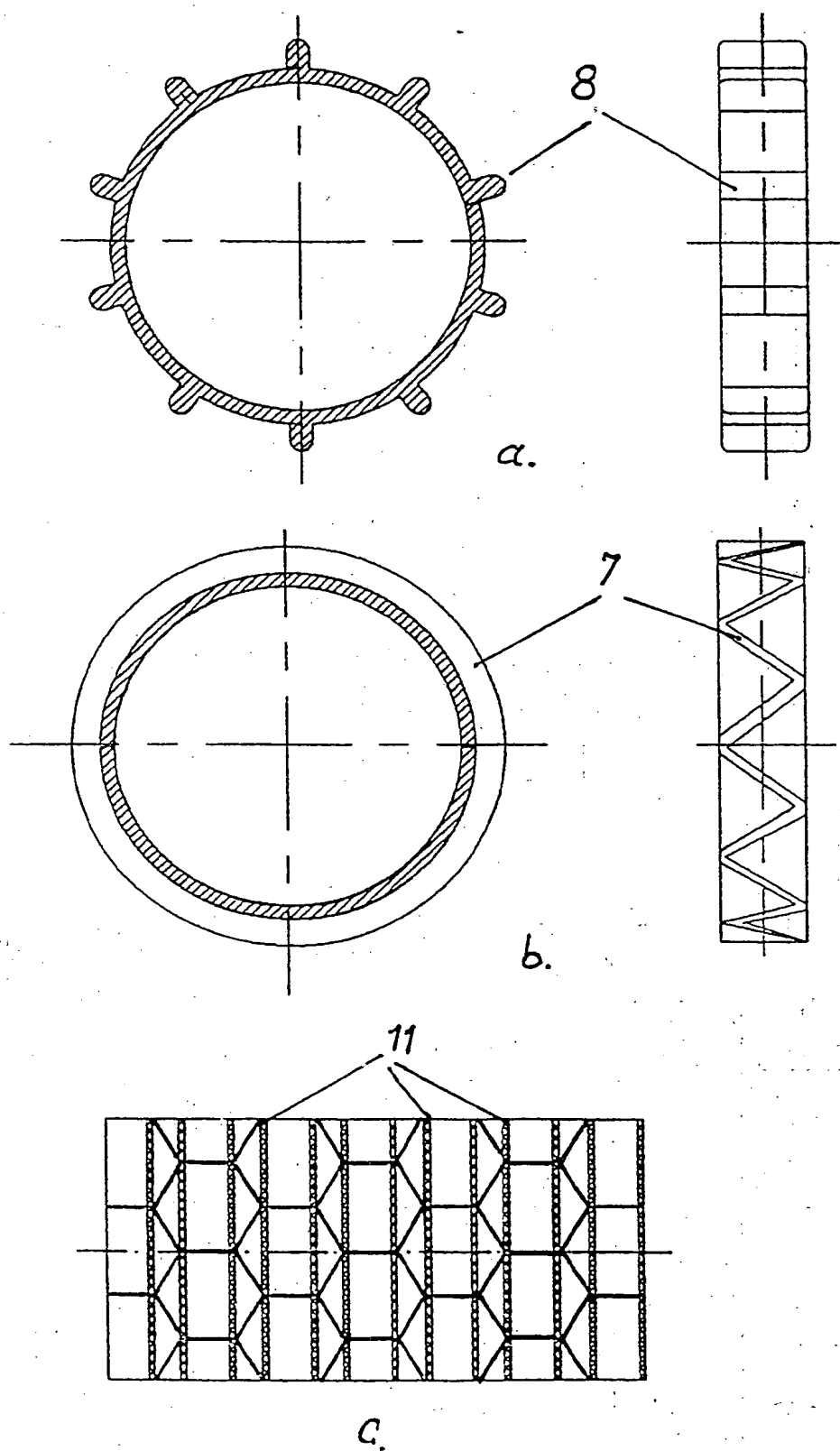


Fig. 3

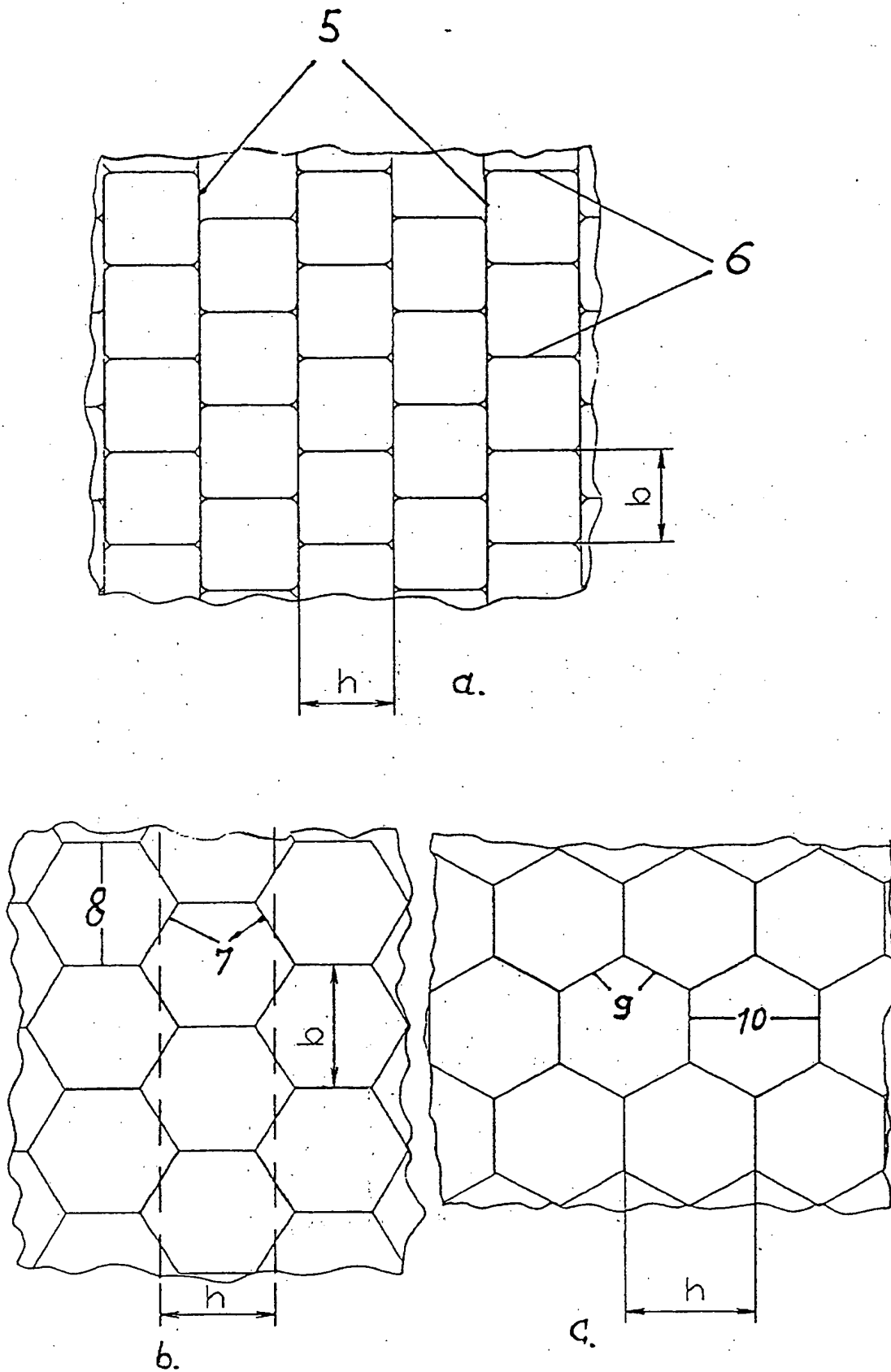


Fig. 2

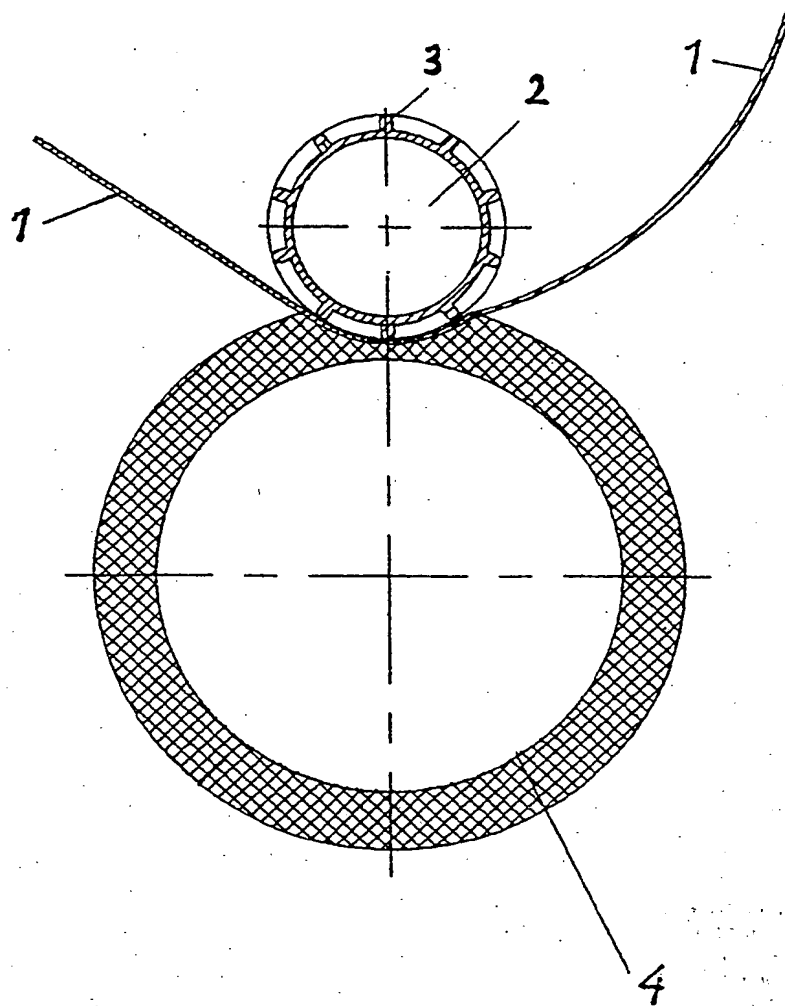


Fig. 1